

#4  
11/8/03

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application : JEAN-PIERRE MAUMUS, ET AL.  
Application No. :  
Filed : Herewith  
For : A METHOD OF MANUFACTURING HONEYCOMB  
STRUCTURES AND TOOLING FOR SUCH MANUFACTURE  
Attorney's Docket : BDL-372XX

JCS21 U.S. PTO  
10/029534  
12/21/01

Group Art Unit:

\*\*\*\*\*

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on \_\_\_\_\_.

By \_\_\_\_\_

Charles L. Gagnebin III  
Registration No. 25,467  
Attorney for Applicant(s)

\*\*\*\*\*

PRIORITY CLAIM UNDER RULE 55

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date in France of a patent application corresponding to the above-identified application is hereby claimed under Rule 55 and 35 U.S.C. 119 in accordance with the Paris Convention for the Protection of Industrial Property. This benefit is claimed based upon a corresponding French patent application bearing serial no. 00 17016 filed December 26, 2000; a certified copy of which is attached hereto.

Respectfully submitted,

JEAN-PIERRE MAUMUS, ET AL.

By \_\_\_\_\_

Charles L. Gagnebin III  
Registration No. 25,467  
Attorney for Applicant(s)

WEINGARTEN, SCHURGIN,  
GAGNEBIN & LEOVICI LLP  
Ten Post Office Square  
Boston, Massachusetts 02109  
Telephone: (617) 542-2290  
Telecopier: (617) 451-0313

Date: 12-21-1

CLG/mc/264329-1  
Enclosure

- 1 -

Express Mail Number  
EV 009950612 US



WEINGARTEN, SCHURGIN, GAGNEBIN & LEOVICI LLP  
TEN POST OFFICE SQUARE  
BOSTON, MASSACHUSETTS 02109

BDL - 372 XX

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **29 NOV. 2001**Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLESIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30  
www.inpi.fr



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

|  |                             |   |                     |
|--|-----------------------------|---|---------------------|
| <p><b>REMISE DES PIÈCES</b><br/>DATE<br/>LIEU<br/><b>26 DEC 2000</b><br/>N° D'ENREGISTREMENT<br/><b>75 INPI PARIS</b><br/>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI<br/>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE<br/>PAR L'INPI <b>0017016</b><br/><b>26 DEC. 2000</b></p> |                             | <p><b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b><br/><br/><b>CABINET BEAU DE LOMENIE</b><br/><b>158, rue de l'Université</b><br/><b>75340 PARIS CEDEX 07</b></p>   |                     |
| <p><b>Vos références pour ce dossier</b><br/>(facultatif) <b>H11685/0627/JJJ</b></p>   |                             |   |                     |
| <p><b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie</p>   |                             |   |                     |
| <p><b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b></p>   |                             | <p><b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b></p>  |                     |
| <p>Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/></p>   |                             |   |                     |
| <p>Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/></p>  |                             |   |                     |
| <p>Demande divisionnaire <input type="checkbox"/></p>  |                             |   |                     |
| <p><i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date : / /</p>   |                             |   |                     |
| <p><i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date : / /</p>  |                             |   |                     |
| <p>Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/></p>  |                             | <p>N° _____ Date : / /</p>  |                     |
| <p><b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b><br/><br/><b>"Procédé de fabrication de structures en nid d'abeilles et outillage pour une telle fabrication".</b></p>   |                             |   |                     |
| <p><b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b></p>  |                             | <p>Pays ou organisation _____ N° _____<br/>Date : / /<br/>Pays ou organisation _____ N° _____<br/>Date : / /<br/>Pays ou organisation _____ N° _____<br/><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</p> |                     |
| <p><b>5 DEMANDEUR</b></p>  |                             | <p><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</p>  |                     |
| <p>Nom ou dénomination sociale</p>   |                             | <p><b>SNECMA MOTEURS</b></p>  |                     |
| <p>Prénoms</p>   |                             |   |                     |
| <p>Forme juridique</p>   |                             | <p><b>SOCIÉTÉ ANONYME</b></p>   |                     |
| <p>N° SIREN</p>  |                             |   |                     |
| <p>Code APE-NAF</p>  |                             |   |                     |
| <p>Adresse</p>   | <p>Rue</p>                  | <p><b>2, boulevard du Général Martial VALIN</b></p>   |                     |
|  | <p>Code postal et ville</p> | <p><b>75015</b></p>   | <p><b>PARIS</b></p> |
| <p>Pays</p>  |                             | <p><b>FRANCE</b></p>  |                     |
| <p>Nationalité</p>   |                             | <p><b>FRANÇAISE</b></p>   |                     |
| <p>N° de téléphone (facultatif)</p>  |                             |   |                     |
| <p>N° de télécopie (facultatif)</p>  |                             |   |                     |
| <p>Adresse électronique (facultatif)</p>   |                             |   |                     |

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES  
DATE

LIEU **26 DEC 2000**

N° D'ENREGISTREMENT **75 INPI PARIS**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

**0017016**

DB 540 W / 260899

**Vos références pour ce dossier :**  
(facultatif)

**H11685/0627/JJJ**

**6 MANDATAIRE**

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

**CABINET BEAU DE LOMENIE**

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

Adresse

Rue

**158, rue de l'Université**

Code postal et ville

**75340 PARIS CEDEX 07**

N° de téléphone (facultatif)

**01.44.18.89.00**

N° de télécopie (facultatif)

**01.44.18.04.23**

Adresse électronique (facultatif)

**7 INVENTEUR (S)**

Les inventeurs sont les demandeurs

☐ Oui

☒ Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformati n)

Établissement immédiat  
ou établissement différé

☒  
☐

Paiement échelonné de la redevance

**Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques**

☐ Oui  
☐ Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

**Uniquement pour les personnes physiques**

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)  
☐ Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):

Si v us avez utilisé l'imprimé «Suite»,  
indiquez le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**  
(Nom et qualité du signataire)

**Jean Jacques JOLY**  
CPI N° 92-1123



**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**

**M. MARTIN**

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg


75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.. / 1..  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260899

|  |                             |  |                            |
|--|-----------------------------|--|----------------------------|
| <b>V s réf r nces pour ce dossier</b><br>(facultatif)  |                             | H116850/627/JJJ  |                            |
| <b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>  |                             | 00 17016   |                            |
| <b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b><br><br>"Procédé de fabrication de structures en nid d'abeilles et outillage pour une telle fabrication"  |                             |  |                            |
| <b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b><br><br>SNECMA MOTEURS<br><br>"Société Anonyme"   |                             |  |                            |
| <b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages). |                             |  |                            |
| <b>Nom</b>   |                             | MAUMUS   |                            |
| <b>Prénoms</b>   |                             | Jean-Pierre  |                            |
| <b>Adresse</b>   | <b>Rue</b>                  | 34 avenue Mirabeau   |                            |
|  | <b>Code postal et ville</b> | 33160  | St MEDARD EN JALLES France |
| <b>Société d'appartenance (facultatif)</b>   |                             |  |                            |
| <b>Nom</b>   |                             | GRONDIN  |                            |
| <b>Prénoms</b>   |                             | Claude   |                            |
| <b>Adresse</b>   | <b>Rue</b>                  | 13 Chemin de Moulinat<br>HASTIGNAN   |                            |
|  | <b>Code postal et ville</b> | 33160  | St MEDARD EN JALLES France |
| <b>Société d'appartenance (facultatif)</b>   |                             |  |                            |
| <b>Nom</b>   |                             |  |                            |
| <b>Prénoms</b>   |                             |  |                            |
| <b>Adresse</b>   | <b>Rue</b>                  |  |                            |
|  | <b>Code postal et ville</b> |  |                            |
| <b>Société d'appartenance (facultatif)</b>   |                             |  |                            |
| <b>DATE ET SIGNATURE(S)<br/>DU (DES) DEMANDEUR(S)<br/>OU DU MANDATAIRE<br/>(N m et qualité du signataire)</b>  |                             | Paris, le 30 Janvier 2001<br>Cabinet Beau de Loménie<br><br>Jean-Jacques JOLY<br>CPI N° 92-1123 |                            |





5

## DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne la fabrication de structures en nid d'abeilles, plus particulièrement de structures en nid d'abeilles en matériau composite, ainsi qu'un outillage approprié à cet effet.

10

Les structures en nid d'abeilles, notamment celles en matériau composite, sont intéressantes car elles présentent généralement de bonnes propriétés mécaniques, tout en étant légères. Elles peuvent être utilisées, par exemple, comme soles de

15

## DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Il existe plusieurs procédés de fabrication de structures en nid d'abeilles en matériau composite.

20

Selon l'un d'entre eux, illustré aux figures 1 à 6, une texture de renfort tridimensionnelle en fibres de carbone 1 est préparée, en empilant des strates fibreuses en carbone 10 et en les liant entre elles par aiguilletage, couture, ou toute autre technique analogue (figure 1).

25

Des découpes 11, en forme de fentes parallèles disposées en quinconce, sont pratiquées au travers de la texture fibreuse 1 perpendiculairement aux plans XY des strates 10, par exemple au couteau ou au jet d'eau (figure 2).

La texture est ensuite étirée dans une direction Y perpendiculaire aux plans XZ des découpes, comme montré par les flèches F à la figure 3, pour former des alvéoles 12. On obtient ainsi une préforme fibreuse en nid d'abeilles 2 (figure 4).

30

La préforme 2 est maintenue étirée au moyen d'un outillage constitué par une sole en graphite 3 et des pions en graphite 4 implantés dans des alvéoles le long des bords de la préforme opposés

35

dans la direction Y (figure 5). L'ensemble formé par la préforme déployée 2 et l'outillage 3, 4 est placé dans un four dans lequel la préforme 2 est densifiée par du carbone par infiltration chimique en phase vapeur. La densification permet, de façon bien connue, de  
 5 combler les pores de la préforme. A la fin de la phase de densification, une structure en nid d'abeilles en matériau composite 5 est obtenue (figure 6).

Un tel procédé est décrit en détail dans la demande de brevet français FR-A-2 691 923.

10 En pratique, il a été observé que les faces internes des alvéoles ainsi obtenus (cf. le repère 6 à la figure 6) ne sont pas parfaitement lisses, et présentent souvent des défauts de surface, tels que des aspérités, qui peuvent entraîner des blessures lors de la manipulation de la structure. Il est possible, pour résoudre ce  
 15 problème, de procéder à un usinage desdites faces internes afin de supprimer ces défauts. Cette opération est toutefois très fastidieuse.

Un autre inconvénient du procédé évoqué ci-dessus réside dans le fait que la géométrie des alvéoles du produit final n'est pas toujours bien régulière, c'est-à-dire notamment que les alvéoles n'ont  
 20 pas tous la même forme, ce qui, outre les conséquences sur l'aspect esthétique, peut nuire à la tenue mécanique de la structure.

#### OBJECTIF ET RESUME DE L'INVENTION

25 La présente invention vise à remédier aux inconvénients précités.

A cette fin, il est prévu un procédé de fabrication d'une structure en nid d'abeilles, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes qui consistent à :

- 30 - former des alvéoles en quinconce à travers toute l'épaisseur d'une texture fibreuse,  
 - faire pénétrer des poinçons dans, respectivement, les alvéoles, chaque poinçon ayant une taille de section transversale inférieure à celle de l'alvéole correspondante et étant conçu en un  
 35 matériau apte à se dilater,

- dilater les poinçons pour que ceux-ci viennent combler les alvéoles et exercer une pression sur les faces internes des alvéoles, et
- rétracter les poinçons puis les retirer.

Les expressions « faire pénétrer » les poinçons dans les alvéoles et « retirer » les poinçons des alvéoles font référence à des mouvements relatifs des poinçons par rapport aux alvéoles. De telles opérations peuvent être mises en œuvre en déplaçant la texture fibreuse par rapport aux poinçons maintenus fixes, ou, à l'inverse, en déplaçant les poinçons, la texture fibreuse restant fixe.

La pression exercée par les poinçons, lors de leur dilatation, sur les faces internes des alvéoles supprime les aspérités initialement présentes sur ces faces internes. Elle permet en outre aux alvéoles de prendre la forme des poinçons, ce qui leur confère une géométrie régulière.

Typiquement, les poinçons sont montés sur une plaque, de préférence avec un jeu leur permettant de bouger par rapport à celle-ci, et s'étendent sensiblement perpendiculairement à la plaque.

La dilatation des poinçons peut être obtenue par chauffage desdits poinçons, par exemple en chauffant l'ensemble constitué par la plaque, les poinçons et la texture fibreuse dans une étuve.

Les poinçons peuvent être conçus en un matériau comprenant du silicone ou du métal. Dans ce dernier cas, les poinçons sont de préférence revêtus d'une couche anti-adhésive, afin de faciliter leur glissement dans les alvéoles de la texture fibreuse.

En variante, les poinçons peuvent consister en des vessies gonflables, et la dilatation des poinçons est réalisée par injection de gaz sous pression dans chacune desdites vessies et la rétraction des poinçons par dégonflage desdites vessies.

Selon encore une autre variante, les poinçons peuvent consister en des vessies gonflables contenant chacune un gaz, et la dilatation des poinçons est obtenue de la même manière que dans le cas de poinçons en silicone ou métal, c'est-à-dire par dilatation thermique. Plus particulièrement, en chauffant l'ensemble constitué par la plaque, les poinçons et la texture, le ou les gaz contenus dans les vessies se dilatent et gonflent les vessies.

De préférence, le procédé selon l'invention comprend en outre, avant l'étape de dilatation des poinçons, l'étape consistant à appliquer une contre-plaque ayant des trous traversiers à des positions correspondant aux alvéoles et aux poinçons, contre la texture fibreuse, ce afin de maintenir ladite texture fibreuse contre la plaque.

Avantageusement, le procédé selon l'invention comprend également l'étape consistant à imprégner la texture fibreuse de résine, laquelle étape est de préférence mise en œuvre préalablement à la formation des alvéoles dans la texture fibreuse. La résine sert à consolider la texture fibreuse, de façon à maintenir les alvéoles ouverts ou, en d'autres termes, maintenir la texture fibreuse alvéolée étirée.

La résine est ensuite réticulée. Avantageusement, lorsque la dilatation des poinçons est obtenue par chauffage, une unique opération de chauffage est mise en œuvre pour à la fois dilater les poinçons et réticuler la résine.

Une étape peut en outre être prévue, après la rétraction et le retrait des poinçons, pour densifier la texture fibreuse.

La présente invention concerne également un outillage pour la mise en œuvre du procédé exposé ci-dessus, caractérisé en ce qu'il comprend une plaque et des poinçons montés en quinconce sur la plaque, sensiblement perpendiculairement à celle-ci, et conçus en un matériau apte à se dilater et possédant de préférence un coefficient de dilatation élevé.

#### BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

Dans les dessins annexés :

- les figures 1 à 6 montrent un procédé de fabrication d'une structure en nid d'abeilles en matériau composite selon la technique antérieure ;

- les figures 7 et 8 montrent un outillage pour la fabrication d'une structure en nid d'abeilles selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- les figures 9 à 12 montrent des étapes de fabrication d'une

structure en nid d'abeilles utilisant l'outillage des figures 7 et 8 ;

- les figures 13 et 14 montrent un outillage pour la fabrication d'une structure en nid d'abeilles selon un second mode de réalisation de l'invention ;

5                   - la figure 15 montre un outillage pour la fabrication d'une structure en nid d'abeilles selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

## 10     DESCRIPTION DE PLUSIEURS MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

Un procédé conforme à l'invention pour la réalisation d'une préforme en nid d'abeilles et d'une structure en nid d'abeilles en matériau composite à partir de cette préforme, est maintenant décrit en référence aux dessins annexés.

15               A une première étape du procédé, une préforme consistant en une texture fibreuse du même type que celle représentée à la figure 1 est préparée, par exemple en empilant des strates de tissu en fibres de carbone et en les liant entre elles par aiguilletage, couture, ou toute autre technique analogue.

20               La texture fibreuse est ensuite imprégnée d'une résine, telle qu'une résine phénolique.

                  A une étape suivante, des découpes parallèles et en quinconce sont pratiquées tout au travers de la texture fibreuse imprégnée de résine, de préférence perpendiculairement aux strates, de façon comparable à la méthode décrite dans la demande de brevet français FR-A-2 691 923 et illustrée à la figure 2.

                  Puis, la texture est étirée dans une direction parallèle aux strates, comme montré à la figure 3, afin de former des alvéoles aux positions correspondant aux découpes.

30               La texture obtenue, désignée à la figure 7 par le repère 9, diffère de la texture 2 représentée à la figure 4 essentiellement en ce qu'elle est imprégnée de résine.

                  La présence de la résine permet de consolider la texture, et de la maintenir étirée sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'outillage en graphite 3, 4 de la technique antérieure.

Conformément à l'invention, un outillage spécifique est utilisé pour, d'une part, rendre les faces internes des alvéoles plus lisses et, d'autre part, conférer une géométrie régulière aux alvéoles.

Cet outillage spécifique comprend, selon un premier mode  
5 de réalisation, une plaque support métallique 7 et des poinçons 8 dressés perpendiculairement à la plaque support 7 (cf. figure 7). Les poinçons 8 sont en nombre au moins égal à celui des alvéoles, désignés par le repère 90, de la texture déployée 9, et sont montés sur la plaque support 7 à des positions qui correspondent aux positions  
10 des alvéoles 90.

En référence à la figure 8, l'extrémité de chaque poinçon 8 en contact avec la plaque support 7 est fixée à ladite plaque par vissage, au moyen notamment d'une tige filetée 10 solidaire du poinçon 8. La tige filetée 10 comporte une première partie 100 logée  
15 à l'intérieur du poinçon et une seconde partie 101 faisant saillie depuis la face d'extrémité proximale du poinçon. La partie saillante 101 de chaque tige filetée 10 traverse un alésage correspondant 70 de la plaque support 7 et reçoit, au niveau de son extrémité libre, un écrou 11 servant à maintenir le poinçon 8 contre la  
20 face supérieure de la plaque support 7.

De préférence, les alésages 70 ont un diamètre supérieur à celui des tiges filetées 10, et les écrous 11 ne sont pas serrés complètement contre la face inférieure de la plaque support 7, afin que chaque poinçon 8 soit fixé à la plaque support 7 avec un certain  
25 jeu, autorisant un léger déplacement angulaire et latéral du poinçon par rapport à cette plaque support.

Les poinçons 8 sont conçus en un matériau apte à se dilater, et de préférence en un matériau ayant un fort coefficient de dilatation linéaire, c'est-à-dire, par exemple, au moins égal à  
30 environ  $10^{-5} \text{ K}^{-1}$ . Il est préférable également que ce matériau possède des propriétés anti-adhésives, pour des raisons qui seront expliquées plus loin.

Un exemple de matériau approprié pour les poinçons 8 est le silicone. Le silicone est en effet capable de bien se dilater sous  
35 l'effet de la chaleur. Il possède en outre les propriétés anti-adhésives

souhaitées. Chaque poinçon 8 peut ainsi être réalisé par moulage de silicone autour de la partie 100 de la tige filetée 10 correspondante.

En variante, les poinçons 8 peuvent être conçus en métal. Dans ce cas, les poinçons 8 sont de préférence revêtus d'une couche  
5 externe anti-adhésive, par exemple en téflon. Les poinçons 8 comprennent en outre, dans leur partie proximale, un alésage taraudé coopérant avec la partie 100 de la tige filetée 10 correspondante.

Les poinçons 8 ont de préférence une forme hexagonale sensiblement identique à celle des alvéoles 90. Ils peuvent cependant  
10 avoir une autre forme, par exemple circulaire. En outre, la taille initiale, à température ambiante, de leur section transversale (c'est-à-dire perpendiculaire à leur axe longitudinal AL représenté à la figure 8) est inférieure à celle de la section transversale des alvéoles 90 (perpendiculairement, également, aux axes AL), et leur hauteur  
15 (suivant l'axe AL) est supérieure à l'épaisseur de la texture 9.

L'outillage 7, 8 selon l'invention est utilisé de la façon suivante :

La texture imprégnée de résine en nid d'abeilles 9 est placée sur l'outillage de telle sorte que les poinçons 8 pénètrent dans les  
20 alvéoles 90 (figure 9). Grâce à la différence de taille entre les alvéoles 90 et les poinçons 8, au fait que les poinçons 8 sont montés sur la plaque support 7 avec un jeu, et aux propriétés anti-adhésives des poinçons 8, les poinçons 8 peuvent être introduits sans difficulté dans les alvéoles 90.

25 Une contre-plaque en graphite 12 comprenant des trous traversiers 120, par exemple de même forme que les alvéoles 90, dans lesquels peuvent venir s'engager les poinçons 8, est ensuite appliquée contre la face supérieure de la texture 9 afin de bien maintenir ladite texture contre la plaque support 7.

30 L'ensemble constitué par l'outillage 7, 8, la texture 9 et la contre-plaque 12 est placé dans une étuve 13 où il est chauffé (figure 10). Cette opération de chauffage vise à la fois à réticuler la résine imprégnant la texture 9 et à dilater les poinçons 8 pour que ceux-ci viennent combler les alvéoles 90 et presser leurs faces internes.  
35 La pression exercée par les poinçons 8 supprime les aspérités qui

étaient présentes sur les faces internes des alvéoles 90, et conforme les alvéoles 90 pour que ces derniers aient tous la même forme, identique à celle des poinçons 8.

5 Une fois l'opération de chauffage terminée, l'ensemble constitué par l'outillage 7, 8, la texture 9 et la contre-plaque 12 est sorti de l'étuve 13 pour être mis à température ambiante (figure 11). Le refroidissement naturel qui s'ensuit entraîne une rétractation des poinçons 8, qui retrouvent leur taille initiale. La contre-plaque 12 et la texture 9 consolidée par la résine réticulée peuvent alors être  
10 successivement désengagées de l'outillage 7, 8 sans difficulté (figure 12). Le retrait des poinçons 8 des alvéoles 90 n'est pas gêné par la résine imprégnant la texture 9 car, du fait des propriétés anti-adhésives des poinçons 8, la résine ne peut venir se coller auxdits poinçons.

15 La texture 9 est ensuite densifiée par une matrice en carbone, d'une manière connue en soi, par exemple par infiltration chimique en phase vapeur. On obtient ainsi une structure en nid d'abeilles en matériau composite carbone-carbone.

20 Les figures 13 et 14 illustrent un second mode de réalisation de l'outillage selon l'invention.

Selon ce second mode de réalisation, l'outillage comporte une plaque support 14 et des poinçons en forme de vessies gonflables 15 fixées, par l'intermédiaire d'embases 16, à la plaque support 14. Les embases 16 sont de préférence maintenues sur la  
25 plaque support 14 avec un certain jeu, afin que, comme dans le premier mode de réalisation, les poinçons 15 puissent bouger sensiblement par rapport à cette plaque.

Les vessies gonflables 15 sont conçues par exemple en polyuréthane. L'intérieur de chaque vessie gonflable 15 communique  
30 avec un générateur de gaz pressurisé 17, via, successivement, un orifice prévu dans l'embase correspondante 16, un orifice 140 de la plaque support 14 et un conduit 18. Des valves 20 (représentées schématiquement à la figure 13), telles que des clapets commandés par la pression dans les vessies 15, et des limiteurs de pression 21 du  
35 type soupapes sont en outre prévus dans, respectivement, les



orifices 140 et les conduits 18.

L'outillage 14, 15, 16 est utilisé de façon sensiblement comparable à l'outillage 7, 8. Les vessies gonflables 15 ont une taille de section transversale initiale inférieure à celle des alvéoles 90, de manière à pouvoir s'engager aisément dans ces alvéoles. Comme dans  
5 le premier mode de réalisation, une contre-plaque (non représentée aux figures 13 et 14) peut être employée pour bien maintenir la texture fibreuse 9 par rapport à l'outillage.

Afin de combler les alvéoles 90 et exercer une pression sur  
10 leurs faces internes, les vessies gonflables 15 sont dilatées en envoyant dans celles-ci un gaz pressurisé depuis le générateur 17 (figure 14). A la différence, toutefois, du premier mode de réalisation, cette opération de dilatation est dissociée de l'opération de réticulation de la résine, laquelle est mise en œuvre seulement après, par chauffage  
15 de l'ensemble constitué par l'outillage, avec les vessies 15 dilatées, la texture 9 et la contre-plaque dans une étuve. Plus précisément, après que les vessies 15 ont été dilatées, les conduits 18 sont détachés de la plaque 14 et les valves 20 obturent les orifices 140 pour conserver le gaz pressurisé à l'intérieur des vessies 15. L'outillage, la texture et la  
20 contre-plaque sont ensuite placés dans l'étuve précitée. Une fois la phase de réticulation de la résine terminée, les vessies gonflables 15 sont dégonflées par ouverture des valves 20 de façon à autoriser le désengagement de la texture fibreuse 9 et de l'outillage 14, 15, 16.

En référence à la figure 15, des poinçons selon un troisième  
25 mode de réalisation se présentent également sous la forme de vessies gonflables 19. Cependant, dans ce troisième mode de réalisation, aucun générateur de gaz pressurisé n'est prévu pour gonfler les vessies 19. Ces dernières sont en effet gonflées par dilatation thermique des gaz qu'elles contiennent lors de la phase de  
30 réticulation de la résine imprégnant la texture déployée, comme dans le premier mode de réalisation.

Selon l'invention, comme expliqué ci-dessus, une résine est de préférence utilisée pour imprégner la texture. Cette résine permet de consolider la texture, mais également de faciliter le glissement des  
35 poinçons dans les alvéoles de la texture déployée. Même si l'utilisation

d'une telle résine est avantageuse, il apparaîtra cependant clairement à l'homme du métier qu'elle n'est pas indispensable. En particulier, des moyens mécaniques pourraient être utilisés pour maintenir la texture déployée avant l'introduction des poinçons dans les alvéoles.

- 5 D'autre part, la présente invention n'est pas limitée à la réalisation d'une structure en nid d'abeilles en un matériau composite carbone-carbone. A titre d'exemple, la structure en nid d'abeilles selon l'invention pourrait également être conçue en un matériau composite céramique-céramique.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une structure en nid d'abeilles, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes qui consistent à :
  - 5 - former des alvéoles (90) en quinconce à travers toute l'épaisseur d'une texture fibreuse (9),
  - faire pénétrer des poinçons (8) dans, respectivement, les alvéoles (90), chaque poinçon ayant une taille de section transversale inférieure à celle de l'alvéole correspondante et étant conçu en un
  - 10 matériau apte à se dilater,
  - dilater les poinçons (8) pour que ceux-ci viennent combler les alvéoles (90) et exercer une pression sur les faces internes des alvéoles, et
  - rétracter les poinçons (8) puis les retirer.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les poinçons (8) sont montés sur une plaque (7) et s'étendent sensiblement perpendiculairement à cette plaque.
- 20 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les poinçons (8) sont montés sur la plaque (7) avec un jeu leur permettant de bouger par rapport à celle-ci.
- 25 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la dilatation des poinçons (8) est obtenue par chauffage desdits poinçons.
- 30 5. Procédé selon la revendication 4 lorsqu'elle dépend de la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la dilatation des poinçons (8) est obtenue en chauffant l'ensemble constitué par la plaque (7), les poinçons (8) et la texture fibreuse (9) dans une étuve (13).
- 35 6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que la rétractation des poinçons (8) est obtenue par refroidissement

naturel desdits poinçons.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit matériau comprend du silicone.

5

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit matériau comprend du métal.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que les poinçons (8) sont revêtus d'une couche anti-adhésive.

10

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les poinçons consistent en des vessies gonflables (19) contenant chacune un gaz.

15

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les poinçons consistent en des vessies gonflables (15), et la dilatation des poinçons est obtenue par injection de gaz sous pression dans chacune desdites vessies (15) et la rétractation des poinçons par dégonflage desdites vessies (15).

20

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, avant l'étape de dilatation des poinçons, l'étape consistant à appliquer une contre-plaque (12) ayant des trous traversiers (120) à des positions correspondant aux alvéoles (90) et aux poinçons (8), contre la texture fibreuse (9).

25

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'étape consistant à imprégner la texture fibreuse de résine.

30

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'étape d'imprégnation de la texture fibreuse de résine est mise en œuvre préalablement à la formation des alvéoles dans la texture fibreuse.

35

15. Procédé selon la revendication 13 ou 14 sauf lorsqu'elle dépend de la revendication 11, caractérisé en ce que la dilatation des poinçons est mise en œuvre lors d'une étape de réticulation de la  
5 résine.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'étape consistant à densifier la texture fibreuse, après la rétraction et le retrait des poinçons.

10 17. Outillage pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce qu'il comprend une plaque (7) et des poinçons (8) montés en quinconce sur la plaque (7), sensiblement perpendiculairement à celle-ci, et conçus en  
15 un matériau apte à se dilater.

18. Outillage selon la revendication 17, caractérisé en ce que les poinçons (8) sont montés sur la plaque avec un jeu.

20 19. Outillage selon la revendication 17 ou 18, caractérisé en ce que ledit matériau a un coefficient de dilatation élevé.

20. Outillage selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, caractérisé en ce que ledit matériau possède des propriétés anti-  
25 adhésives.

21. Outillage selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, caractérisé en ce que ledit matériau comprend du silicone.

30 22. Outillage selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, caractérisé en ce que ledit matériau comprend du métal et chaque poinçon (8) est revêtu d'une couche anti-adhésive.

23. Outillage selon la revendication 17 ou 18, caractérisé en ce  
35 que les poinçons consistent en des vessies gonflables (15 ; 19).

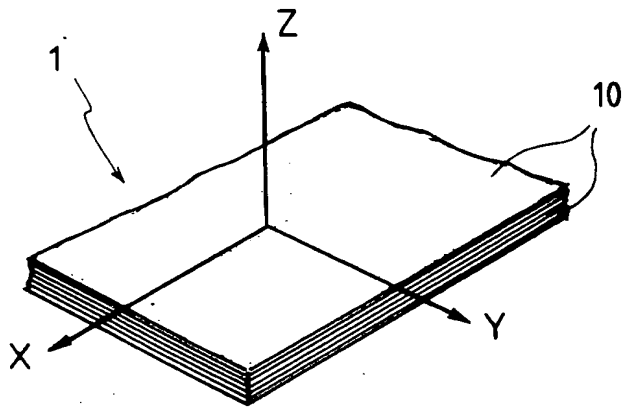


FIG.1

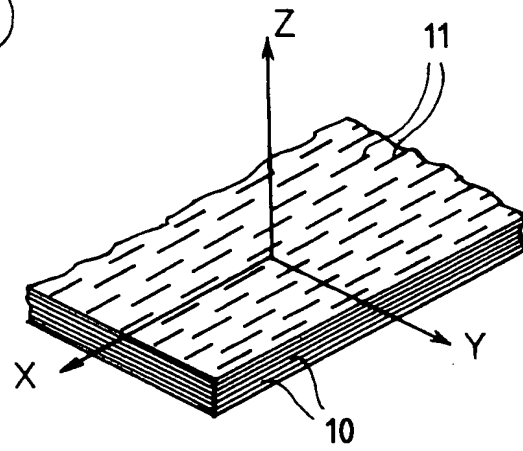


FIG.2

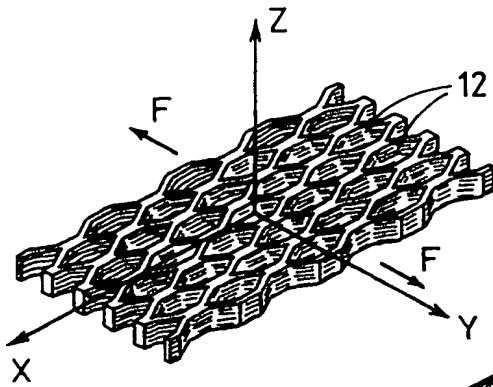


FIG. 3

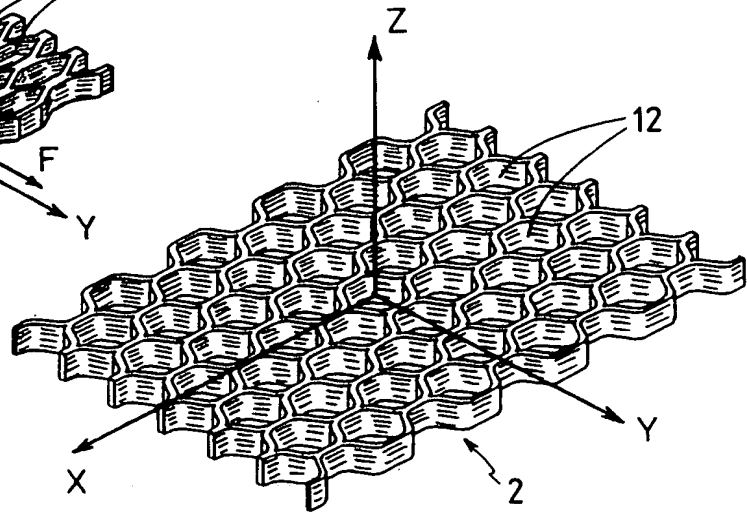


FIG. 4

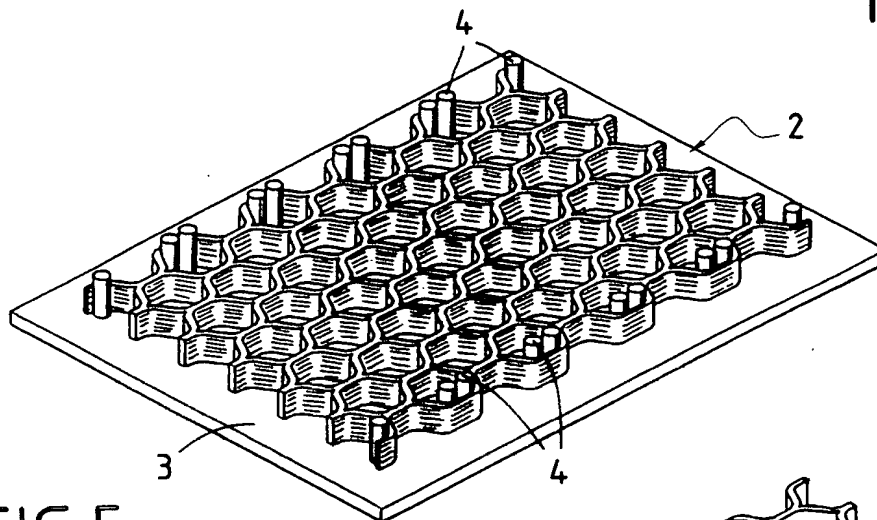


FIG. 5

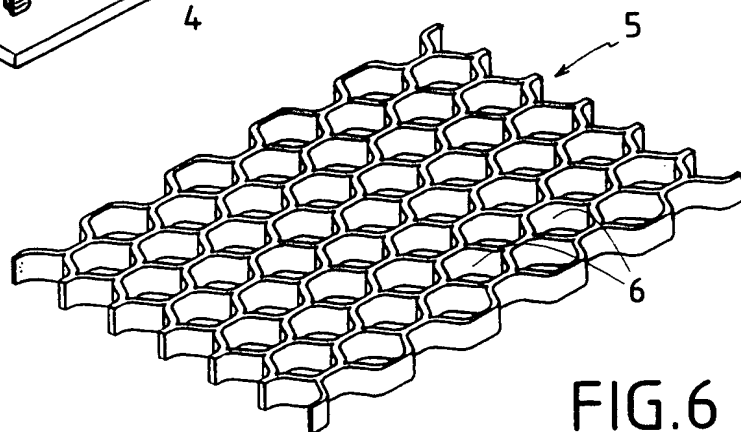


FIG. 6

3/5

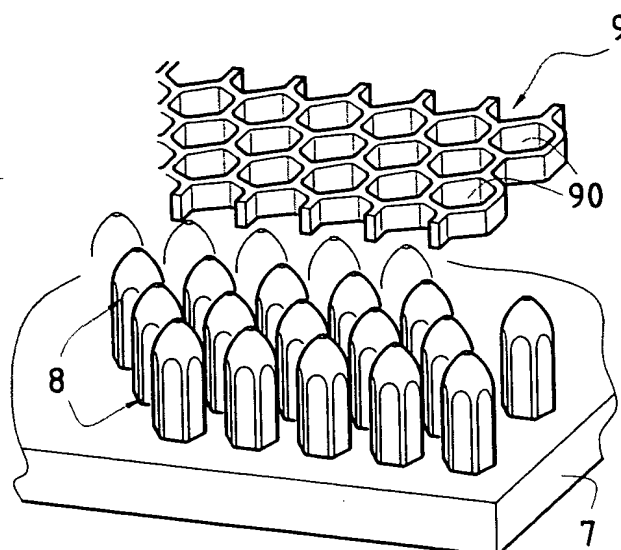


FIG. 7

FIG. 8

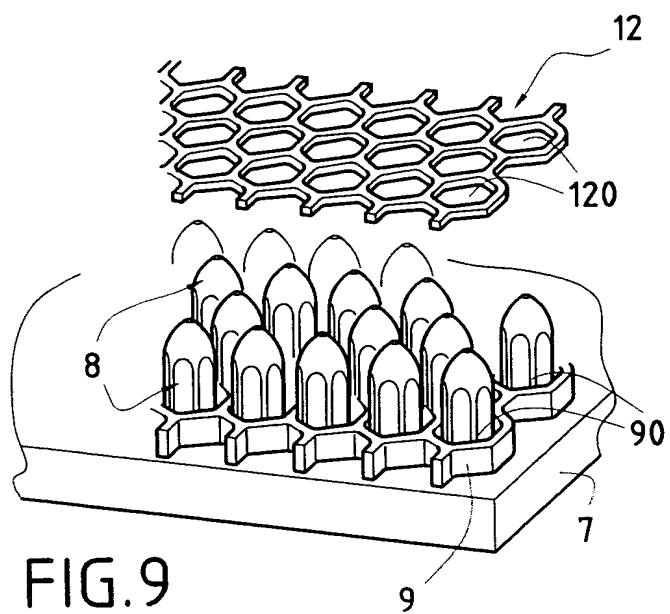
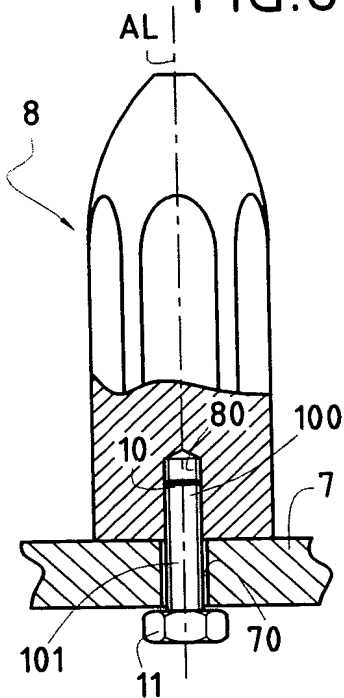
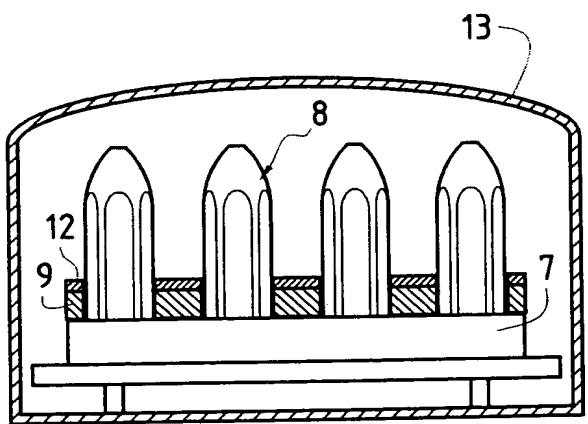


FIG. 9

FIG. 10





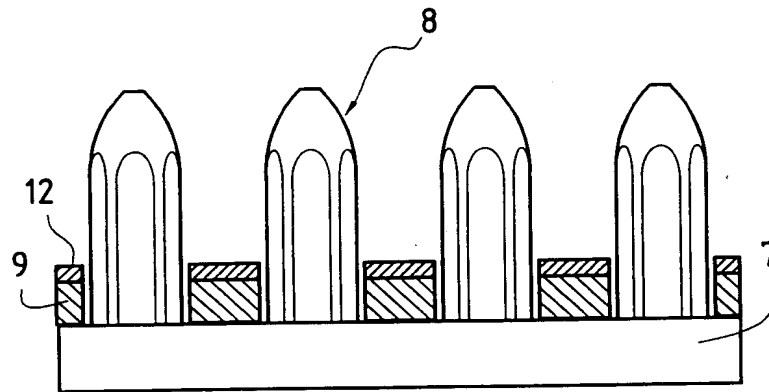


FIG. 11

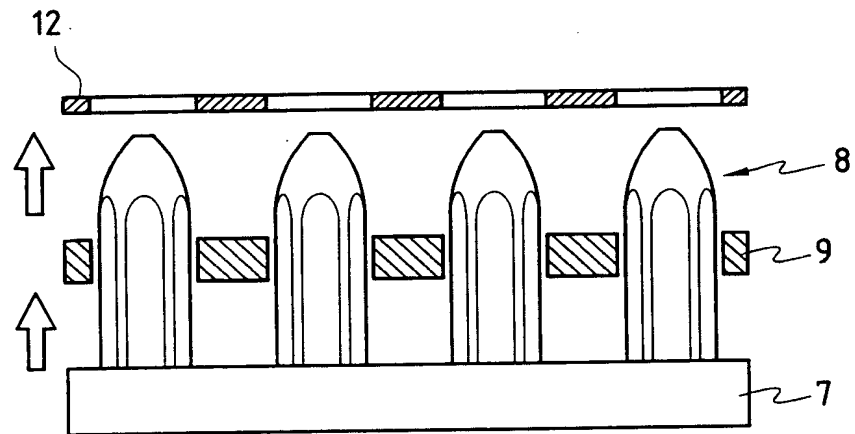


FIG. 12

5/5

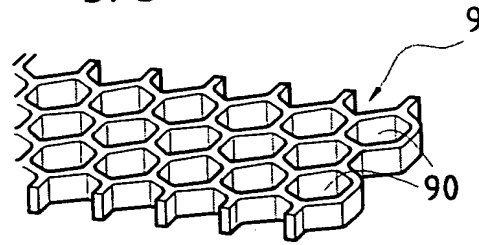


FIG.13

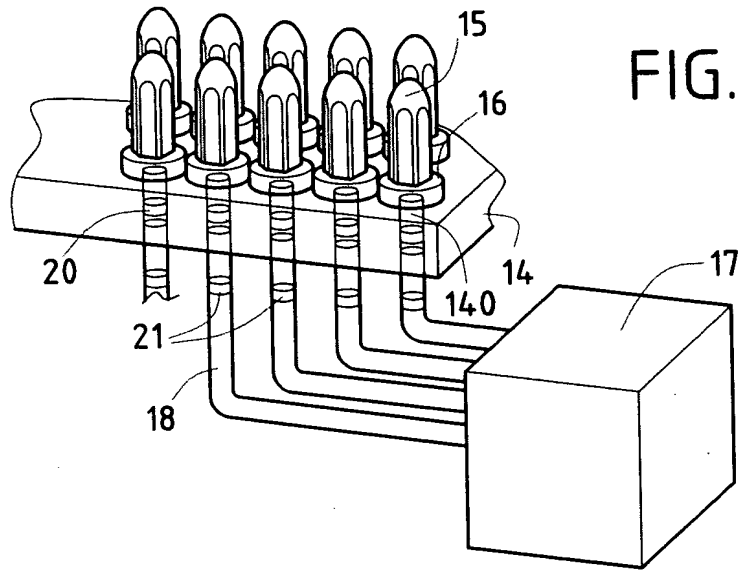


FIG.14

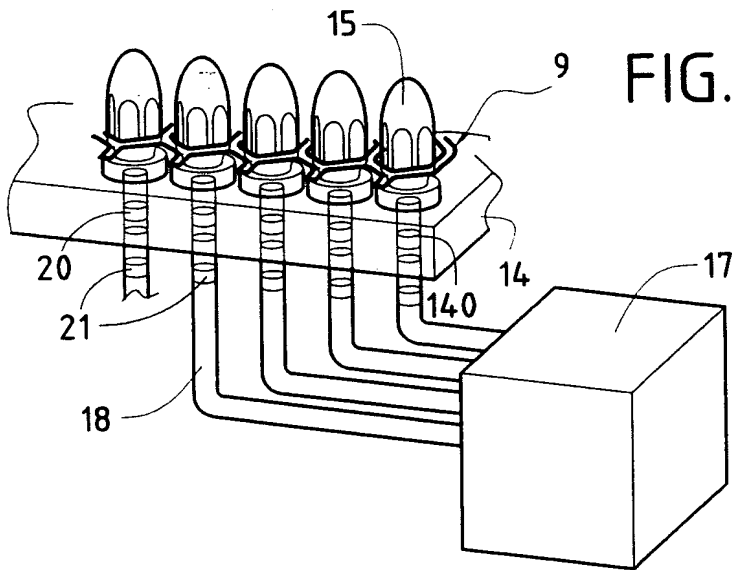


FIG.15

